



DEUTSCHES
PATENTAMT

(21) Aktenzeichen: P 34 21 705.3
 (22) Anmeldetag: 12. 6. 84
 (43) Offenlegungstag: 24. 4. 86

DE 3421705 A1

(11) Anmelder:
 Weingärtner, Ingolf, Dr., 3300 Braunschweig, DE
 (14) Vertreter:
 Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.;
 Schiller, W., Dr., Rechtsanw., 8000 München

(12) Erfinder:
 gleich Anmelder

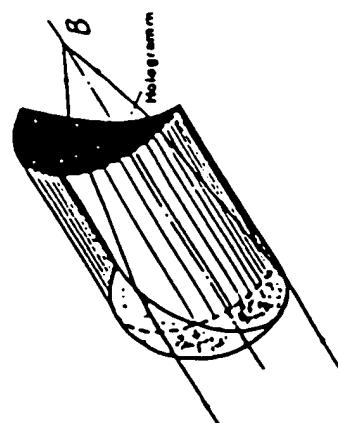
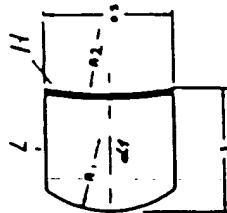
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Abtastobjektiv mit einem Hologramm

Beschrieben wird ein Abtastobjektiv mit mindestens einem Linsenelement mit sphärischen Flächen und einem Hologramm, das Abbildungsfehler des Linsenelements korrigiert.

Erfindungsgemäß sind die sphärische und chromatische Aberration durch die Optimierung des oder der Linsenelemente und des Hologramms sowie die Koma durch Optimierung des Krümmungsradius (R2) der dem Bildpunkt zugekehrten Fläche des Linsenelements korrigiert, so daß sich gegenüber den bekannten gattungsgemäßen Abtastobjektiven ein wesentlich erweitertes Bildfeld ergibt.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Hologramm (H) auf der konkaven Fläche (R2) des als Meniskuslinse ausgebildeten Linsenelements aufgebracht.



DE 3421705 A1

WILLIBALDSTR. 30 · D-8000 MÜNCHEN 21

TELE: 089/5818049 · TELEX: 528081 MÜNCHEN
UNSER ZEICHEN

R28/84

Dr. Ingolf Weingärtner
Mageritenweg 9
3300 Braunschweig

Abtastobjektiv mit einem Hologramm

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Abtastobjektiv mit mindestens einem Linsenelement mit sphärischen Flächen und einem Hologramm, das Abbildungsfehler des Linsenelements korrigiert, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erweiterung des Bildfelds die sphärische und die chromatische Aberration durch die Optimierung des oder der Linsenelemente und des Hologramms und die Koma durch Optimierung des Krümmungsradius (R2) der dem Bildpunkt zugekehrten Fläche des Linsenelements korrigiert sind.
2. Abtastobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologramm (H) auf der

konkaven Fläche (R2) des als Meniskuslinse ausgebildeten Linsenelements aufgebracht ist.

3. Abtastobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologramm (H) innerhalb des Linsenelements angeordnet ist.

4. Abtastobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Linsen vorgesehen sind, zwischen denen das Hologramm (H) angeordnet ist.

5. Abtastobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologramm (H) als Phasenhologramm ausgebildet ist.

6. Abtastobjektiv nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologramm (H) aus Prismen zusammengesetzt ist.

7. Abtastobjektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 5 oder 6, gekennzeichnet durch folgende Daten:

$$n > 1,7$$

$$R1/R2 \approx 1/6$$

$$F_{ho}/F_{ges} \approx 10$$

wobei bedeuten:

n : Brechungsindex des Linsenmaterials

$R1, R2$: Krümmungsradien der Linsenflächen

F_{ho} : Brennweite des Hologramms

F_{ges} : Brennweite des gesamten Abtastobjektivs.

B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung bezieht sich auf ein Abtastobjektiv mit mindestens einem Linsenelement mit sphärischen Flächen und einem Hologramm gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiges Abtastobjektiv ist aus dem Artikel "Holographic Video Disk and Laserscanning Optics" in SPIE Vol. 396 - Advances in Laserscanning and Recording, S. 173ff bekannt. Das dort vorgestellte Objektiv weist eine plankonvexe Linse auf, deren Planfläche ein Hologramm zur Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberration trägt. Mit diesem Hologramm lassen sich die Abbildungsfehler nur in einem Bereich um die optische Achse mit einem Radius von weniger 10 μm korrigieren. Außerhalb dieses Bereichs werden die Abbildungsfehler und insbesondere die Koma zu groß, als daß das bekannte holographische Abbildungssystem beispielsweise für CD-Spieler verwendet werden könnte, deren Abtastobjektive ein Bildfeld mit einem Durchmesser von einigen 100 μm benötigen.

Es ist weiterhin bekannt, daß holographische Abbildungselemente eine große Koma haben. Damit ist anzunehmen, daß ausgehend von einem Objektiv gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 eine Korrektur der geometrischen Bildfehler für ein endliches Bildfeld nur sehr schwer zu erzielen sein dürfte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Abtastobjektiv gemäß dem Obrbegriff des Anspruchs 1 derart auszubilden, daß die Abbildungsfehler für ein vergrößertes Bildfeld mit einem Durchmesser von einigen 100 μm über einen endlichen Spektralbereich von mindestens 10 nm praktisch beugungsbegrenzt

korrigiert sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Objektiv werden die sphärischen und chromatischen Abbildungsfehler im wesentlichen durch das Hologramm korrigiert, während die durch das Hologramm nicht korrigierbare Koma durch eine geeignete Durchbiegung der Linse auf einen praktischen vernachlässigbaren Wert reduziert wird. Während bei dem bekannten Objektiv die dem Bildpunkt zugekehrte Fläche als Planfläche ausgebildet ist, weist die dem Bildpunkt zugekehrte Linsenfläche bei dem erfindungsgemäßen Objektiv eine sphärische Form mit einem wesentlich kleineren Krümmungsradius als "unendlich" auf.

Die Berechnung des Objektivs erfolgt iterativ mit einem an sich bekannten Optimierungsprogramm, bei dem von einer sphärischen Linse ausgegangen wird und die Krümmungsradien und das Hologramm optimiert werden. Diese Optimierung hat überraschender Weise zu einem Abtastobjektiv mit vernachlässigbarer Koma geführt, ohne daß die übrigen korrigierten und nichtkorrigierten Abbildungsfehler hierdurch erhöht werden. Anders ausgedrückt sind bei dem erfindungsgemäßen Abtastobjektiv die verschiedenen Bildfehler weitgehend "entkoppelt und können so durch die jeweils geeignete Maßnahme reduziert werden.

Auf diese Weise kann der Radius des nutzbaren Bildfeldes auf mehr als 100 μm gesteigert werden, so daß ein einfach aufgebautes und praktisch beugungsbegrenzt korrigiertes Objektiv erhalten wird, das ein für Abtastzwecke ausreichend großes Bildfeld aufweist und somit kostengünstig und raumsparend anstelle aufwendiger Linsensysteme einsetzbar ist.

Das erfindungsgemäße Abtastobjektiv hat den weiteren Vorteil, daß das Hologramm, das insbesondere die sphärische und chromatische Aberration korrigieren soll und eine nur geringe Brechkraft hat, einfach aufgebaut und damit leicht beispielsweise aus einem Photoresist herstellbar ist.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

In den Ansprüchen 2 und 3 sind vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Objektivs gekennzeichnet, bei denen nur eine Linse verwendet wird, mit der das Hologramm verbunden ist. Da nur eine Linse und darüberhinaus kein separates Trägerelement für das Hologramm, wie beispielsweise eine planparallele Platte verwendet wird, sind die Abtastobjektive gemäß Anspruch 2 und 3 in besonderem Maße klein und leicht ausführbar, so daß beispielsweise das Nachfokussieren während des Betriebs einfach möglich ist.

Die Verwendung zweier Linsen gemäß Anspruch 4, zwischen denen das Hologramm angeordnet ist, ermöglicht ein symmetrisch aufgebautes Abtastobjektiv, das bereits ohne Hologramm keine geometrischen Bildfehler mit Ausnahme der sphärischen Aberration aufweist.

Die Verwendung eines Phasenhologramms nach Anspruch 5 erlaubt eine Beugungsausbeute von nahezu 100 % und damit eine gute Ausnutzung der Abtastlichtquelle.

In Anspruch 6 ist ein bevorzugter Aufbau des Hologramms gekennzeichnet, der eine vergleichsweise einfache Herstellung erlaubt.

Bevorzugte Daten für das Abtastobjektiv sind in Anspruch 7

angegeben.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, in der zeigen:

Fig. 1 und 2 zwei Möglichkeiten, ein Hologramm an einem Linsenelement anzubringen,

Fig. 3 und 4 die Wellenabberationen des in Fig. 3 dargestellten Abtastobjektivs für verschiedene Bildwinkel, und

Fig. 5 die Ortsfrequenzen im Hologramm.

Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiels, bei dem ein Hologramm H in einer Linse L angeordnet ist. Die Linse ist eine Meniskuslinse, deren konkave Fläche dem Bildpunkt B zugekehrt ist.

Fig. 2 zeigt eine zweite Möglichkeit, ein Hologramm H an einem aus einer Linse L bestehenden Abtastobjektiv anzurichten. Die Linse ist wiederum eine Meniskuslinse, auf deren konkaven, dem Bildpunkt zugekehrten Fläche das Hologramm vorgesehen ist.

Im folgenden soll ein Ausführungsbeispiel näher vorgestellt werden, bei dem das Hologramm entsprechend Fig. 2 angeordnet ist. Dieses Ausführungsbeispiel hat die folgenden Daten:

$$R_1 = 4\text{mm}, R_2 = 13\text{mm}, d_1 = 1\text{mm}, n = 1,94\text{mm}.$$

Hierbei sind R_1 bzw. R_2 die Krümmungsradien der ersten bzw. der dem Bildpunkt zugekehrten Fläche, d_1 die Linsendicke und n der Brechungsindex des Linsenmaterials.

Die Brennweite f_{H} des Hologramms beträgt 83 mm.

Die Fig. 3 und 4 zeigen die Wellenaberration W des in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiels mit den angegebenen Daten für den Bildwinkel 0° und den Bildwinkel $0,5^\circ$. Die dargestellten Werte sind "in-plane", also ohne Nachfokussierung auf die beste Bildschale des gekrümmten Bildfeldes für eine Abbildung "aus dem unendlichen" (Abbildungsmaßstab $\beta \ll 1$).

Die nachfolgend wiedergegebene Tabelle 1 gibt die erzielte Bildgüte des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 2 wieder:

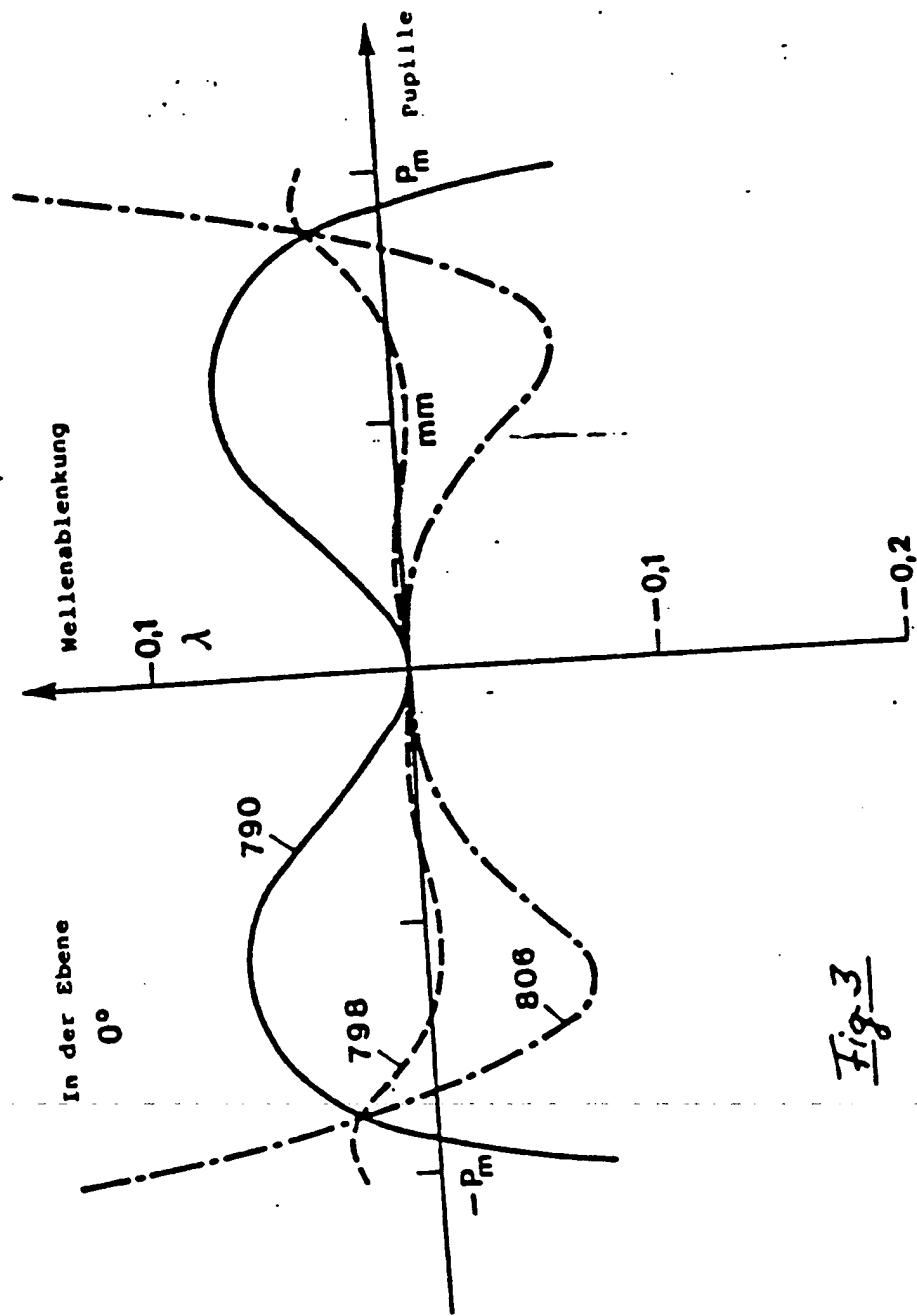
	D	D	$\overline{W^2}$
-	796 nm	792	796 nm
		bis 802 nm	
0°	0,998	0,980	1/850
$\pm 0,5^\circ$	0,975	0,958	1/550

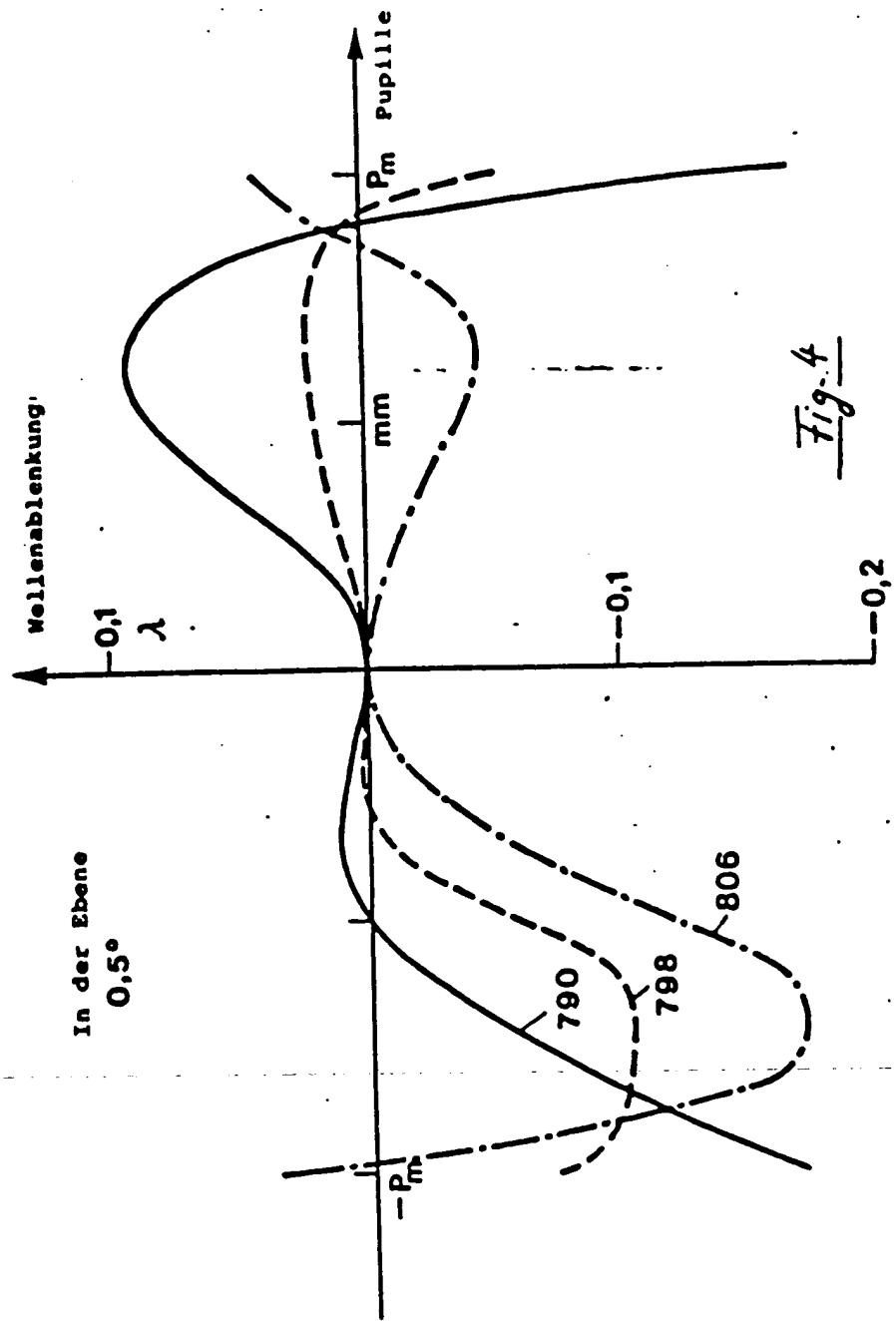
D ist die Definitionshelligkeit, die ein Maß für die Abbildungsgüte darstellt. Die Definitionshelligkeit D wird aus der optischen Übertragungsfunktion (Modulationsübertragungsfunktion) von 0 bis 1000 mm^{-1} gewonnen. Dabei hat die aberrationsfreie beugungsbegrenzte Abbildung den Wert D = 1. Die Verluste an Abbildungsqualität für Ortsfrequenzen bis 1000 mm^{-1} liegen monochromatisch zwischen 0,2 und 2,5 % (ohne Nachfokussierung, also "in plane") und polychromatisch zwischen 2 und 4,2 %. Die Abbildungsqualität ist also praktisch über ein endliches Bildfeld und einen endlichen Spektralbereich, wie er beispielsweise für Halbleiterlaser benötigt wird, beugungsbegrenzt.

Die ebenfalls angegebene Größe wie $\overline{W^2}$ ist ein Maß für die Abbildungsqualität. Hinsichtlich ihrer Definition wird auf die allgemeine optische Literatur verwiesen.

Fig. 5 gibt die Ortsfrequenz der Hologrammstrukturen an, wie sie bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel verwendet werden. Das Hologramm ist aus Prismen zusammengesetzt, die konzentrisch um die optische Achse angeordnet sind. Die Prismen haben dabei die im Einschub in Fig. 5 angegebene Größenordnung.

g
- Leerseite -





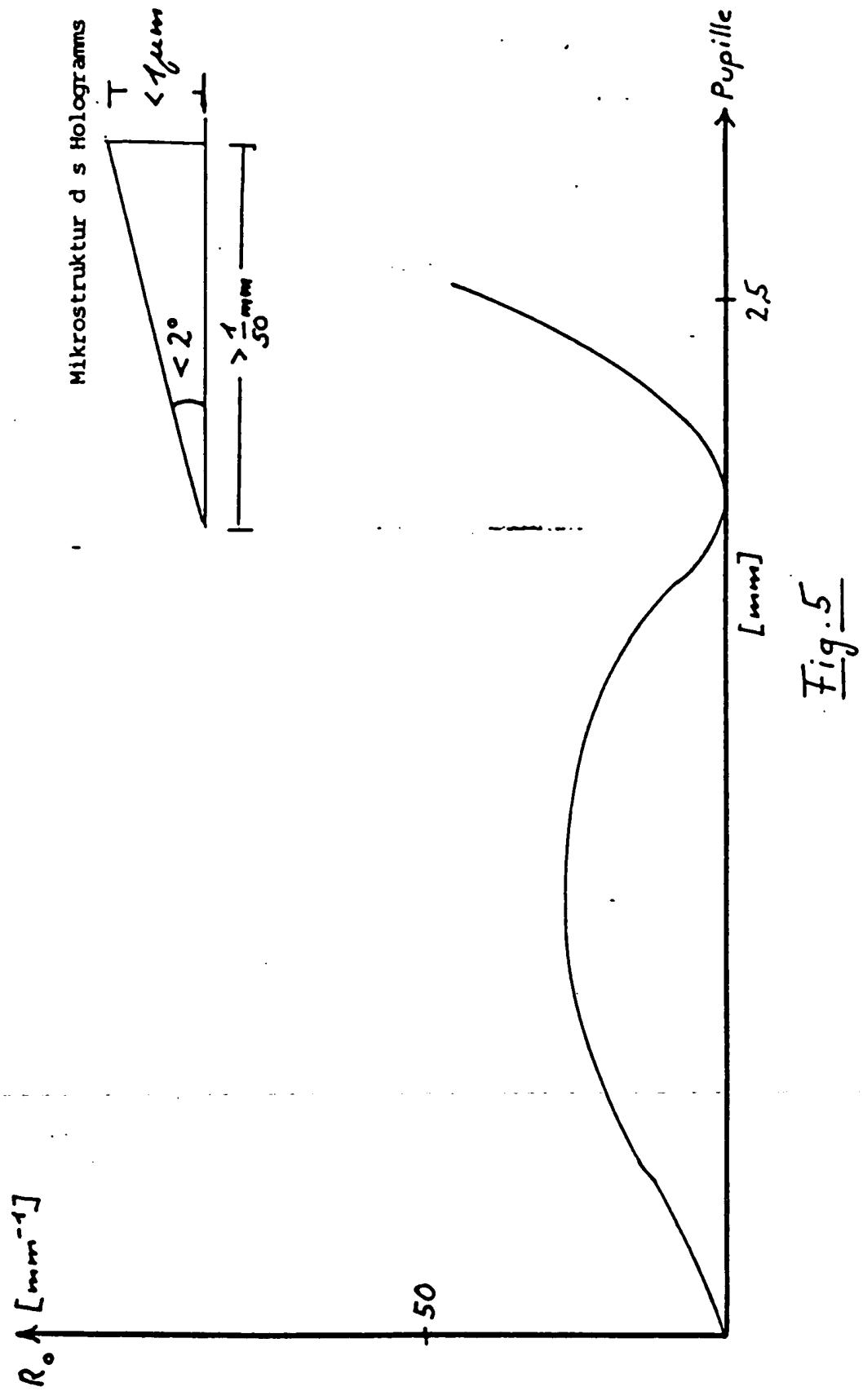


Fig. 1

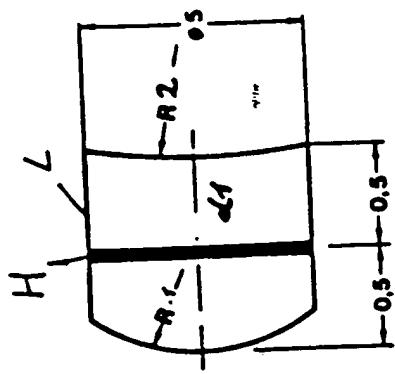
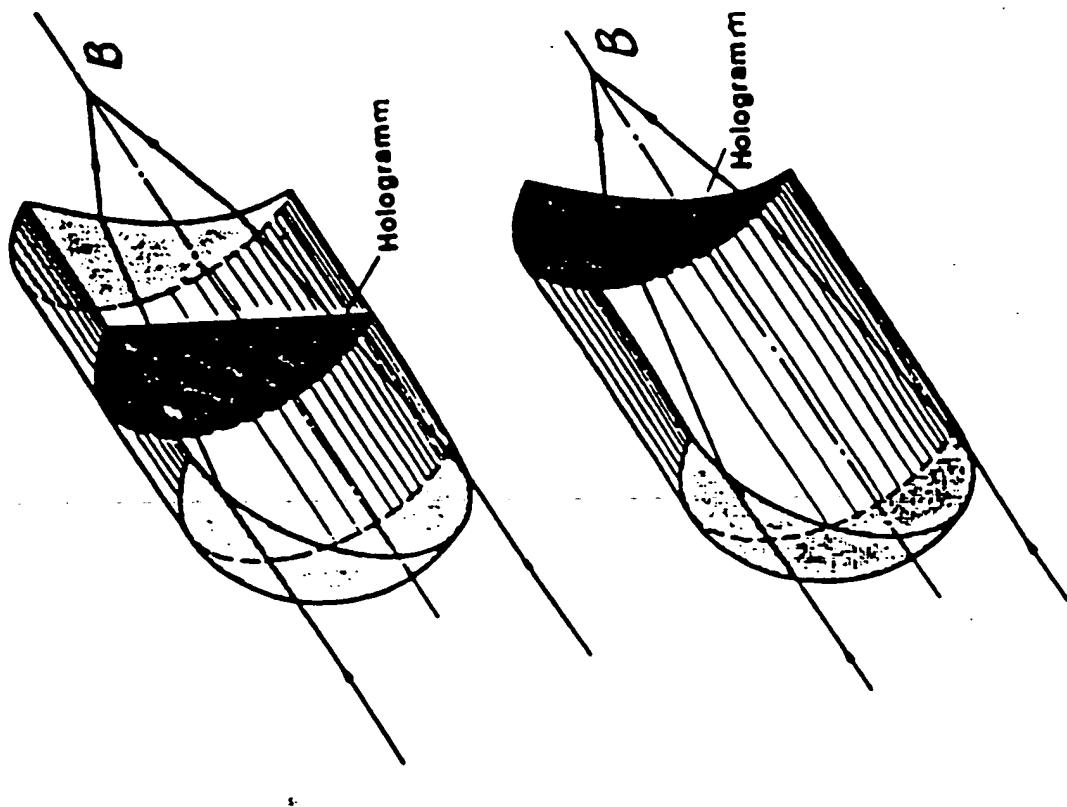
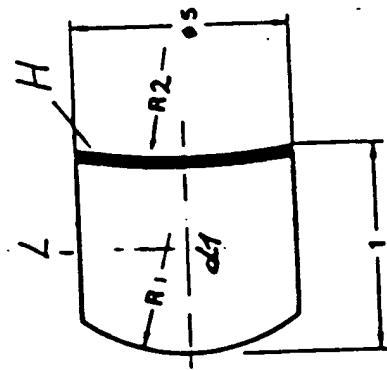


Fig. 2



WEIN/ *

P81

86-113599/18

* DE 3421-705-A

Laser scanning objective with hologram for compact disc player.
has spherical and chromatic aberrations corrected by hologram and
coma by concave face of convex-concave meniscus facing image

WEINGARTNER I 12.06.84-DE-421705

T03 V07 W04 (24.01.86) G02b-05/32 G02b-13/24

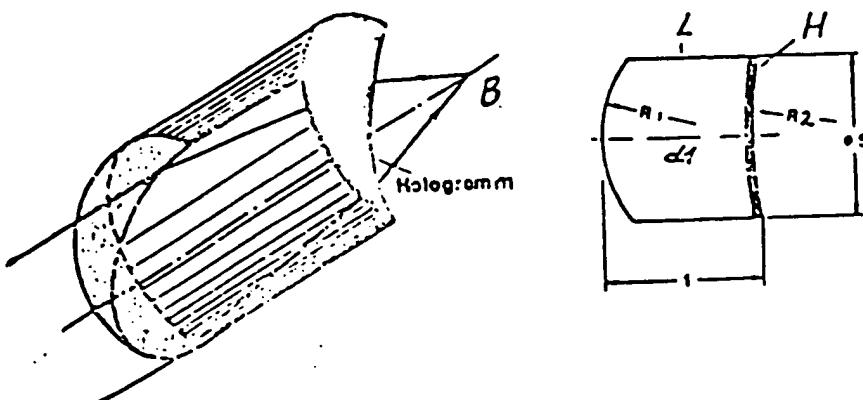
12.06.84 as 421704 (1190GT)

The objective comprises at least one lens element (L) with spherical surfaces (R1, R2) and a hologram (H) which corrects aberrations of the lens. The spherical and chromatic aberrations are corrected by the lens/hologram combination (essentially by the hologram) whilst coma (which cannot be corrected by the hologram) is corrected by the lens curvature (R2) facing the image point (B).

The hologram may be arranged on the concave surface (R2) of a meniscus lens (as shown) or within the lens (e.g. at the plane interface of a doublet).

ADVANTAGE - Increases radius of usable, i.e. practically coma-free, image field to some tenths of mm within spectral range of at least 10 nm which is impossible with plano-convex lens having hologram on plane face. (13pp Dwg. No.2/5)

N86-083582



© 1986 DERWENT PUBLICATIONS LTD.
128, Theobalds Road, London WC1X 8RP, England
US Office: Derwent Inc. Suite 500, 6845 Elm St. McLean, VA 22101
Unauthorised copying of this abstract not permitted.